

Virtual Leodium : un exemple de gestion spatio-temporelle de données patrimoniales

Virtual Leodium est un projet de recherche à la croisée entre l'archéologie, l'histoire et la géomatique. La volonté d'exploiter une maquette réalisée au début du vingtième siècle et représentant la ville de Liège vers 1737 a réuni des physiciens, des géomaticiens, des archéologues, les Collections artistiques et le Réseau des bibliothèques de l'Université de Liège. L'objectif est de réaliser une copie numérique de la maquette existante et d'y lier de l'information historique afin de développer un véritable système d'information archéologique (<http://www.geo.ulq.ac.be/topo/index.php?page=virtual-leodium>). Cet article a pour but de présenter ce projet et de mettre en évidence une démarche adaptable à d'autres objets du patrimoine.

Introduction

Depuis 1907, les Collections artistiques de l'Université abritent une maquette représentant la ville de Liège vers 1730. En 2009, le projet Virtual Leodium (Billen *et al.*, 2009 ; Billen *et al.*, 2012) a été lancé afin notamment d'assurer un meilleur accès à l'œuvre et aider à sa conservation. Au-delà de l'obtention d'une copie numérique 3D, l'objectif principal de ce projet est de développer un système d'information archéologique urbain. Ce développement répond aux besoins croissants des archéologues et des historiens pour la gestion, l'archivage et l'exploitation de grands ensembles de données archéologiques. Le système final doit permettre l'étude de la maquette elle-même (pour les historiens et les archéologues), l'étude de l'évolution de la ville de Liège (historiens, urbanistes ...), l'amélioration de la promotion de l'œuvre auprès du grand public à travers des scènes virtuelles 3D, etc.



Figure 1. Photographie de la maquette de Gustave Ruhl représentant la ville de Liège vers 1730 (Pfeiffer et al., 2013).

Les étapes du projet

La maquette, intitulée «La noble Cité de Liège en 1730", a été achevée en 1911 et représente la ville de Liège vers 1730 (échelle de 1/1200, dimension de 1m par 1m). Son auteur, Gustave Ruhl était un amateur passionné d'archéologie. Il lui a fallu plus de dix ans pour réaliser ce chef-d'œuvre. A sa mort, la quasi-totalité de ses nombreux modèles réduits, ainsi qu'une collection de plus de 600 documents, notamment des notes, plans, croquis, dessins et photographies, ont rejoint les Collections artistiques de l'Université de Liège.

La maquette a été numérisée en plusieurs morceaux, à partir de différentes positions (verticale, latérale, avant, arrière, gauche, droit) en utilisant une technique d'inspection optique laser (Billen *et al.*, 2009). Le résultat est un nuage de points 3D composé de 650 scans. Ces scans ont été nettoyés et fusionnés avec le logiciel 3D Geomagic Studio, le résultat final est un modèle numérique de surface. La reconstruction 3D des objets a été réalisée avec le logiciel graphique 3D Maya en utilisant le

modèle numérique de surface comme socle et des photos de la maquette. Chaque façade de bâtiment a été photographiée. Les images obtenues ont été corrigées avec Photoshop et utilisées comme textures (Figure 2). L'ensemble des processus est présenté à la figure 3.



Figure 2. Une vue de la reconstruction 3D avec le logiciel Maya (Pfeiffer et al., 2013).

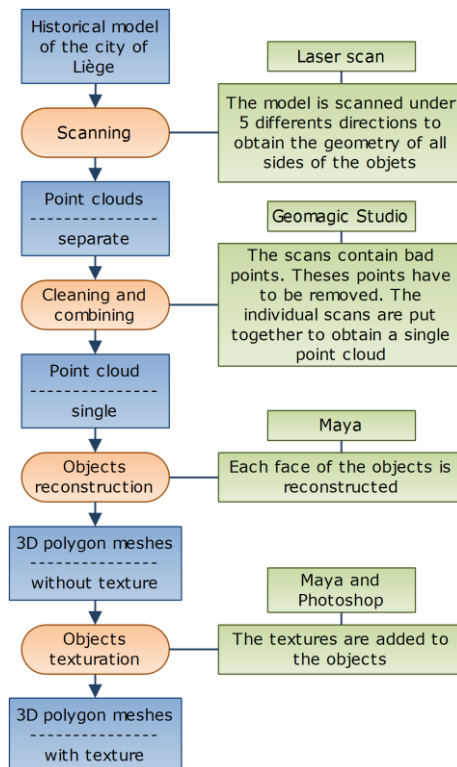


Figure 3. L'ensemble des processus de reconstruction (Pfeiffer et al., 2013).

Après obtention des données géométriques 3D, vient l'étape de création du modèle d'information. Celui-ci a été développé spécifiquement pour le projet et repose en partie sur le standard de l'information géographique 3D appelé CityGML. Il permet le stockage d'information géométrique mais aussi historique. Le lecteur intéressé peut se référer à (Billen et al., 2012; Hervy et al., 2012) pour trouver une description plus détaillée de la première version du modèle d'information de Virtual Leodium.

Dans l'état actuel, le prototype est composé d'une interface divisée en deux parties (voir la figure 4). La première permet à l'utilisateur de visualiser et de naviguer dans un monde 3D. La seconde permet

à l'utilisateur de parcourir une collection d'information sémantique (textuelle). On peut ainsi accéder à des sources historiques ou à d'autres données relatives à un bâtiment, comme sa fonction ou le nom de son architecte. Les deux parties sont parfaitement synchronisées. La sélection d'un bâtiment dans la scène 3D permet d'afficher ses informations sémantiques, et la navigation dans l'information sémantique mettra en évidence les éléments pertinents dans la scène 3D.

Il intéressant de noter que le modèle permet de gérer des versions 3D multiples d'un même élément de construction. Cette caractéristique est très importante et est essentielle pour gérer l'ambiguïté ou l'incomplétude des données et est expliquer en détail dans la section suivante.

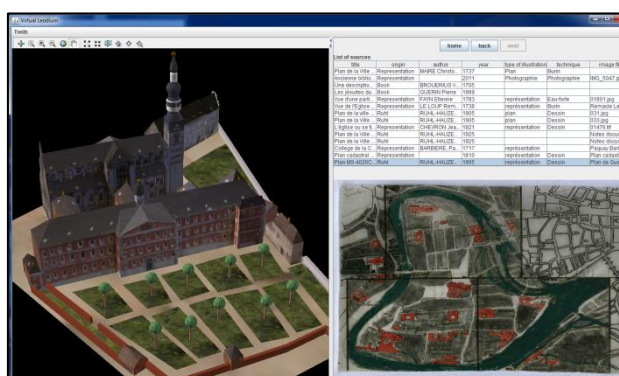


Figure 4. Une vue de la version actuelle du prototype *Virtual Leodium* (Pfeiffer et al., 2013).

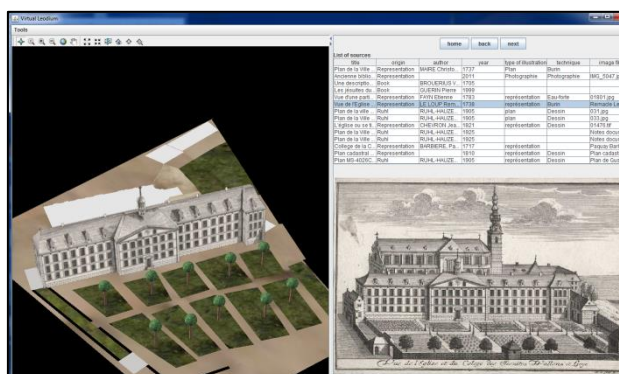


Figure 5. Affichage d'une représentation d'une façade suivant la version de Remacle Le Loup à la place de celle de Rhul (Pfeiffer et al., 2013).

Actuellement, un effort particulier est apporté à la reconstruction 3D de l'entièreté de la maquette en vue de pouvoir l'exploiter dans un cadre touristique et culturel. Les aspects concernant le système d'information archéologique font l'objet de recherches spécifiques.

L'apport pour la gestion des données patrimoniales

Le projet Virtual Leodium a permis d'aborder plusieurs questions de recherche particulièrement importantes concernant les objets historiques et archéologiques. Selon Rodier (Galinié et al., 2004; Rodier et al, 2011; Rodier et al, 2012), la définition d'un objet archéologique (mais que nous pouvons étendre à d'autres types d'objet) inclut nécessairement temporalité, fonction et spatialité. Pour Rodier, un changement de temps, de fonction ou de spatialité conduit nécessairement à un changement d'identité de l'objet (Rodier et al., 2011). Ce concept d'identité est très important d'un point de vue conceptuel mais aussi d'un point de vue modélisation informatique. Au-delà de cette définition, cet auteur propose un modèle de représentation des objets archéologiques qui ne permet

pas de gérer la nature imparfaite des données archéologiques. Or, selon De RUNZ (de RUNZ, 2008), on peut distinguer quatre types différents (mais non exhaustifs) d'imperfection des données archéologiques, à savoir: l'incertitude, l'imprécision, l'ambiguïté et de l'incomplétude.

Nous avons donc développé une approche qui s'écarte de celle de Rodier et tente d'englober la vision de De Runz. Concernant l'identité des objets, nous préférons la définition proposée par Hornsby (Hornsby et Egenhofer, 2000); un changement des constituants de l'objet ne conduit pas nécessairement à un changement de l'identité de l'objet. Un objet est défini par un ensemble de composants assemblés d'une certaine manière; vous pouvez ajouter ou supprimer certains d'entre eux sans changer l'identité.

Le modèle proposé dans sa version 2013 (Pfeiffer et *al.*, 2013) est présenté à la figure 6.

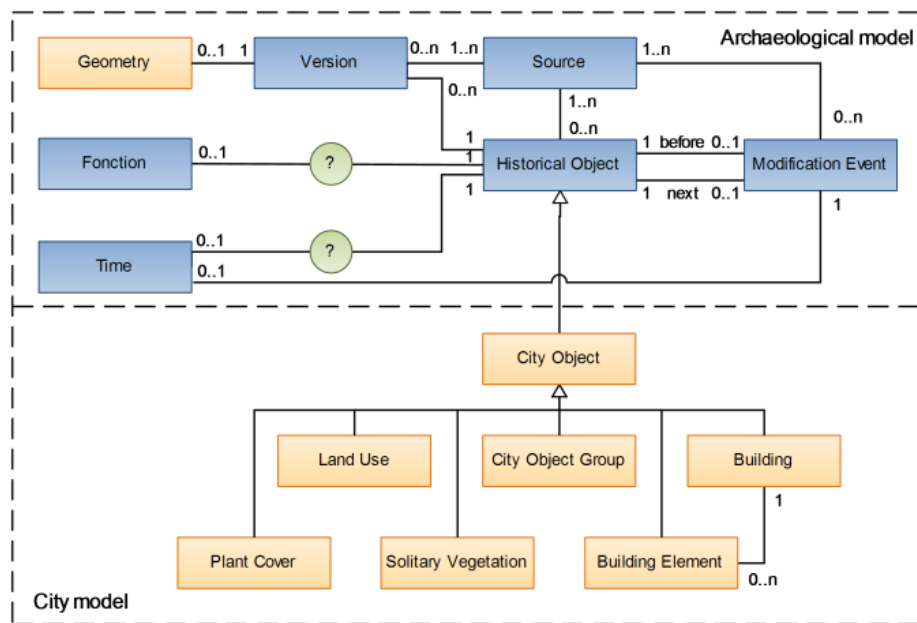


Figure 6. Schéma UML du modèle d'information de Virtual Leodium version 2013 (Pfeiffer et *al.*, 2013).

On remarquera que les trois caractéristiques d'un objet historique (Historical Object), la spatialité (Geometry), la fonction (Fonction) et la temporalité (Time) sont présentes. L'imprécision spatiale est gérable via l'élément version (Version), qui permet de stocker différentes représentations géométriques d'un même objet. Nous intégrons également la notion d'évènement qui permet de gérer la dynamique de l'objet archéologique ou historique en gardant trace de ses différentes évolutions

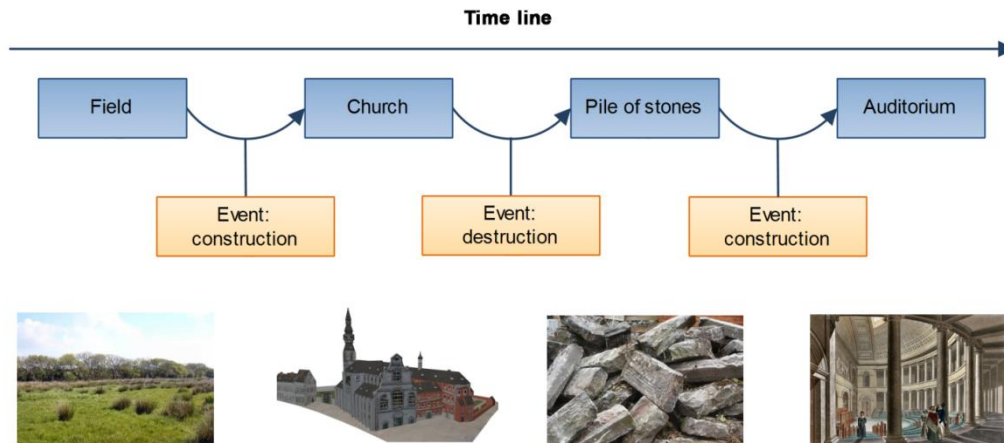


Figure 7. Exemple de modification évènementielle (Pfeiffer et *al.*, 2013).

Pour une description détaillée des autres éléments, se référer à Pfeiffer (Pfeiffer et *al.*, 2013).

Nos derniers travaux en la matière (Van Ruymbeke et *al.*, 2015) nous ont permis d'affiner le modèle afin de prendre en compte les interprétations des spécialistes grâce à l'incorporation d'éléments tels que l'épisode (Episode), la séquence interprétative (Interpretative Sequence) et la carte de vie (Life Map).

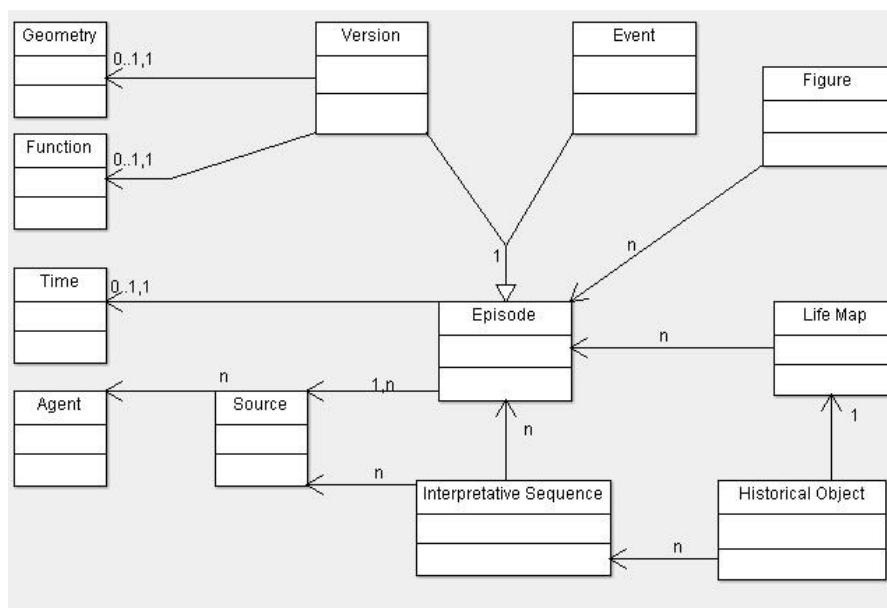


Figure 8. Schéma UML du modèle d'information d'information archéologique version 2015 (Van Ruymbeke et *al.*, 2015).

Pour une description détaillée des autres éléments, se référer à Van Ruymbeke (Van Ruymbeke et *al.*, 2015).

Conclusions

Les propositions présentées dans cet article sont tout-à-fait transposables à l'étude et à la conservation du patrimoine. Cela permet de mettre en perspective la problématique de l'acquisition

des données : il ne suffit pas de mesurer, il faut aussi envisager le stockage et l'exploitation des données récoltées. Or les solutions logicielles commerciales existantes ne permettent pas une gestion efficace des données spatio-temporelles, d'autant plus si elles sont imparfaites. Il est donc nécessaire de réfléchir ensemble à des modèles fidèles à la réalité du patrimoine afin de pouvoir construire des systèmes efficaces qui en permettront une meilleure gestion.

Références

Billen, R., Blain, P., Donneau, O., Habraken, S., Renotte, Y., Van Ruymbeke, M., 2009. Virtual model of the city of Liège in the eighteen century - "Virtual Leodium", International 3D Stereo Film and Technology Festival (3D Stereo MEDIA). Verly, Jacques, Liège, Belgium.

Billen, R., Carré, C., Delfosse, V., Hervy, B., Laroche, F., Lefevre, D., Servièrès, M., & Van Ruymbeke, M. (2012). 3D historical models: the case studies of Liege and Nantes. In R., Billen, M., Cagliani, O., Marina, G., Rabino, & R., San José (Eds.), 3D issues in urban and environmental systems. Bologna, Italy: Società Editrice Esculapio Srl.

De Runz, C. (2008). Imperfection, temps et espace : modélisation, analyse et visualisation dans un SIG archéologique. Université de Reims - Champagne Ardenne, France.

Galinié, H., Rodier, X., Saligny, L. (2004). Entités fonctionnelles, entités spatiales et dynamique urbaine dans la longue durée. *Histoire & mesure* 19, 223-242.

Hervy, Billen, R., Laroche, F., Carré, C., Servièrès, M., Van Ruymbeke, M., & Tourre, V. (2012). A generalized approach for historical mock-up acquisition and data modelling: towards historically enriched 3D city models. In T., Leduc, G., Moreau, & R., Billen (Eds.), Usage, Usability, and Utility of 3D City models. Les Ulis, France: edp Sciences.

Hornsby, K., Egenhofer, M.J. (2000). Identity-based change: a foundation for spatio-temporal. knowledge representation. *International Journal of Geographical Information Science* 14, 207-224.

Pfeiffer, M., Carré, C., Delfosse, V., Hallot, P., & Billen, R. (2013). VIRTUAL LEODIUM: FROM AN HISTORICAL 3D CITY SCALE MODEL TO AN ARCHAEOLOGICAL INFORMATION SYSTEM. In Grussenmeyer (Ed.), *ISPRS Annals – Volume II-5/W1*, 2013. Strasbourg, France: Copernicus Publications.

Rodier, X., Saligny, L., Lefebvre, B. (2012). La modélisation de l'information spatio-temporelle pour l'étude de la fabrique urbaine sur le temps long, Ecole thématique MoDys 2012, Fréjus, France.

Van Ruymbeke, M., Carré, C., Delfosse, V., Pfeiffer, M., & Billen, R. (2015). Towards an Archaeological Information System: Improving the Core Data Model. In F., Giligny, F., Djindjian, L., Costa, P., Moscati, & S., Robert (Eds.), *CAA 2014 21st century Archaeology : Concepts methods and tools : Proceedings of the 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (pp. 245-253). Oxford, England: Archaeopress.